

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-029202

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 10-200279

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 15.07.1998

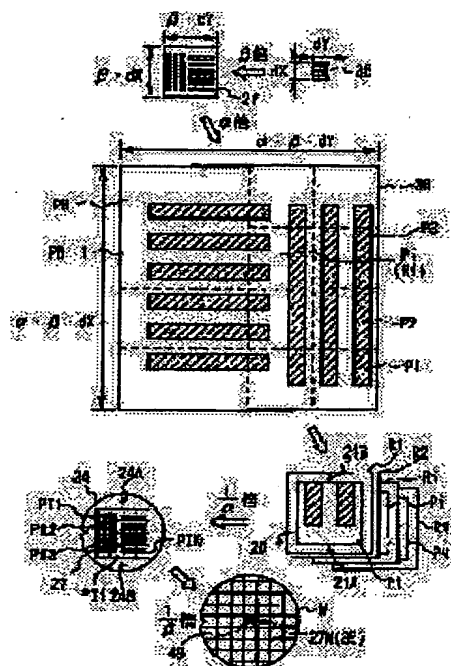
(72)Inventor : OTA KAZUYA

(54) PRODUCTION OF MASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a transfer pattern with high accuracy in a short time by using a second substrate from which a part of an absorbing layer is removed as a reflection type mask.

SOLUTION: In the first step, a master pattern 36 is formed by magnifying the pattern to be formed on a mask, and the master pattern 36 is drawn on a first substrate which transmits UV rays in 100 to 400 nm wavelength region to produce master masks P1 to PN. In the second step, a reflection layer which reflects ultra UV rays and an absorbing layer which absorbs the ultra UV rays are formed on a specified second substrate. In the third step, reduced images of the patterns of the master masks P1 to PN are projected on the second substrate by using a reduction stepper which reduces and projects an image with UV rays of 100 to 400 nm wavelength as exposure beams so as to remove a part of the absorbing layer. The second substrate from which a part of the absorbing layer is removed is used as a reflection type mask.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-29202

(P 2 0 0 0 - 2 9 2 0 2 A)

(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int. Cl. ⁷

G03F 1/08

H01L 21/027

識別記号

F I

G03F 1/08

H01L 21/30

テーマコード (参考)

B 2H095

502

P

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願平10-200279

(22) 出願日 平成10年7月15日 (1998.7.15)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 太田 和哉

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100098165

弁理士 大森 聡

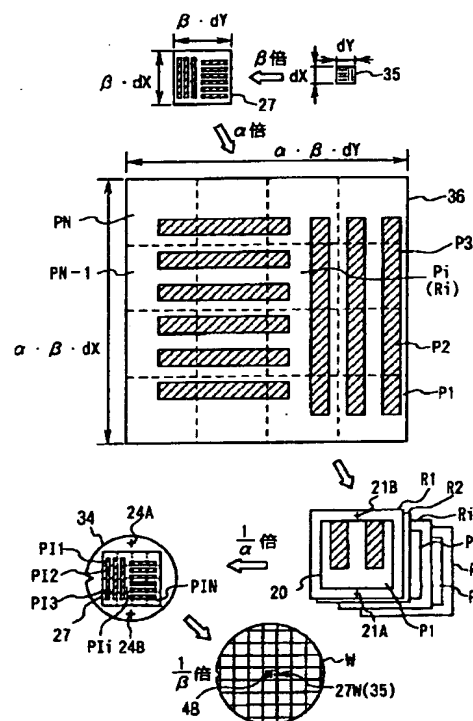
Fターム(参考) 2H095 BA01 BA07 BA10 BB29 BB31

(54) 【発明の名称】 マスクの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 反射型のマスクを高精度に、かつ短時間に形成できるマスクの製造方法を提供する。

【解決手段】 回路パターン35を β 倍して原版パターン27をデータ上で形成し、原版パターン27を α 倍してデータ上で親パターン36を形成し、親パターン36を縦横に α 個に分割して親パターンP1~PNをデータ上で形成する。親パターンP1~PNをそれぞれ電子ビーム描画装置等を用いて等倍で基板上に描画して、マスターレチクルR1~RNを製造し、縮小倍率が $1/\alpha$ 倍の光学式の縮小投影型露光装置を用いて、マスターレチクルR1~RNの親パターンの縮小像を画面継ぎを行いながらシリコンウエハ上に転写することによって反射型のワーキングレチクル34を製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長が1～50nmの範囲の極端紫外光を露光ビームとして用いる露光装置用の反射型のマスクの製造方法であって、

前記マスクに形成されるパターンを拡大した第1の原版パターンを作成し、該第1の原版パターンを波長が100～400nmの紫外光を透過させる第1の基板上に描画して親マスクを製造する第1工程と、

所定の第2の基板上に前記極端紫外光を反射する反射層と前記極端紫外光を吸収する吸収層とを積層して形成する第2工程と、

波長が100～400nmの紫外光を露光ビームとして縮小投影を行う投影露光装置を用いて、前記第1工程で製造された前記親マスクのパターンの縮小像を前記第2工程で製造された前記第2の基板上に投影露光して、前記吸収層の一部を除去する第3工程と、を有し、前記吸収層の一部が除去された前記第2の基板を前記反射型のマスクとして使用することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項2】 前記第2の基板は、実質的に円形の基板であることを特徴とする請求項1記載のマスクの製造方法。

【請求項3】 前記第3工程で使用される投影露光装置において、前記第2の基板が吸着保持される保持部材と、該第2の基板とを一体的に移動することを特徴とする請求項1、又は2記載のマスクの製造方法。

【請求項4】 前記第3工程で使用される投影露光装置において、前記第2の基板の表面が100mm角で実質的に0.1～0.3μmの平面度を維持するように該基板を保持することを特徴とする請求項1、2、又は3記載のマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば半導体集積回路、撮像素子(CCD等)、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ技術を用いて製造する際に原版パターンとして使用されるマスクの製造方法に関し、特に軟X線等の極端紫外光(EUV光)を露光ビームとして使用する露光装置用のマスクを製造する際に使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体集積回路等のデバイスを製造する際に、形成すべき回路パターンを例えば4～5倍程度に拡大した原版パターンが形成されたフォトマスクを使用して、このフォトマスクのパターンを縮小投影光学系を介してウエハ、又はガラスプレート等の被露光基板上に縮小投影する転写方式が用いられている。このようなフォトマスクのパターンの転写の際に使用されるのが露光装置であり、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置で使用されるフォトマスクは、レチクルと

も呼ばれている。

【0003】 従来、そのようなレチクルは、所定の基板(ブランク)上に電子ビーム描画装置、又はレーザビーム描画装置を用いて原版パターンを描画することによって製造されていた。即ち、その基板上にマスク材料(遮光膜)を形成してレジストを塗布した後、電子ビーム描画装置、又はレーザビーム描画装置を用いてその原版パターンが描画される。その後、そのレジストの現像を行って、エッチング処理等を行うことで、そのマスク材料によってその原版パターンが形成されていた。この場合、そのレチクルを使用する縮小投影型の露光装置の縮小倍率を1/β倍とすると、そのレチクルに描画される原版パターンは、デバイスのパターンをβ倍に拡大したパターンでよいから、描画装置による描画誤差は、デバイス上ではほぼ1/β倍に縮小される。従って、実質的に描画装置による解像力のほぼ1/β倍の解像力でデバイスのパターンを形成できることになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如く従来は、レチクルの原版パターンは電子ビーム描画装置、又はレーザビーム描画装置によって描画されていた。これに関して、リソグラフィ技術の進歩に応じて、露光装置に求められる投影像の最小線幅(解像度)は徐々に細くなっており、2005年には100nm程度、又はそれ以下の最小線幅のパターンを露光する必要があると予測されている。このようなパターンを露光するための露光方法として、(イ)光学式の縮小投影型露光方法、(ロ)電子線を用いた縮小転写、(ハ)イオンビームを用いた縮小転写、(ニ)X線を用いたプロキシミティ方式の露光方法、及び(ホ)波長5～20nm程度の軟X線よりなる極端紫外光(EUV光)を露光ビームとして反射型のレチクルの縮小像を投影するリソグラフィ技術(EUVL: Extreme Ultraviolet Lithography)等が検討され、一部は実際に開発が行われている。これらの中で特に有力な露光方法が、(ホ)のEUVLである。

【0005】 また、これらの露光方法は、(ニ)のX線を用いたプロキシミティ方式の露光方法を除く全てが、縮小倍率を1/4～1/10程度とした投影露光方法である点が共通である。そこで、縮小倍率を1/4倍として、ウエハ上に例えば最小線幅が100nm程度のパターンを露光するためには、対応するレチクル上には最小線幅が400nm程度の原版パターンを形成する必要がある。この際に、必要な線幅の制御精度を最小線幅の±5%程度とすると、±20nm程度以下の線幅制御精度が要求される。

【0006】 更に、露光装置に求められる重ね合わせ精度(overlay accuracy)は、最小線幅の1/3程度であるため、最小線幅が100nm程度の露光装置で必要となる重ね合わせ精度は30nm程度以下となる。重ね合わせ精度を決定する要因には、レチクル上の原版パター

ンの位置精度の外に露光装置のステージ系の位置合わせ精度、及び縮小投影系のディストーション等もあるため、レチクルの原版パターン自体で許容される位置精度はせいぜい10nm程度である。

【0007】上記のように、ウエハ上での最小線幅が100nm程度、即ち現在の最小線幅の1/2程度になると、対応するレチクル上の原版パターンの集積度は約4倍になる。このとき、電子ビーム描画装置（レーザビーム描画装置も同様）は、いわば一筆書き方式であり、原版パターンの集積度にほぼ比例して（最小線幅の二乗に反比例して）描画時間が長くなるため、その最小線幅が100nm程度の原版パターンの描画時間は現在の描画時間のほぼ4倍に増加する。しかしながら、このような長い描画時間（例えば半日～1日）の間に継続して、その描画装置を安定な状態に保つことは困難であり、その描画時間中に原版パターンの許容値を超える位置ずれが生じる恐れがあった。更に、例えば複数の製造ライン用にそのレチクル（ワーキングレチクル）を複数枚製造する場合には、その枚数に比例して製造に要する時間が長くなってしまふ。

【0008】また、EUVL用の反射型のレチクルの基板として、シリコンウエハ自体を使用することが検討されている。しかしながら、従来一般に使用されていた石英は線膨張率が小さいのに対して、シリコンウエハの線膨張率はその約5倍程度と大きいため、電子ビーム描画装置による描画時間が長くなると、その描画時間中のシリコンウエハの熱膨張による原版パターンの位置ずれも無視できなくなってくる。

【0009】更に、電子ビーム描画装置によって上記のように原版パターンの位置精度を10nm程度に抑えることも、現状では必ずしも容易ではない。本発明は斯かる点に鑑み、転写用のパターンを高精度に、かつ短時間に形成できるマスクの製造方法を提供することを第1の目的とする。また、本発明は、例えば極端紫外光（EUV光）を露光ビームとして使用する露光装置において、反射型のマスクとして使用できるマスクを、高精度に、かつ短時間に形成できるマスクの製造方法を提供することを第2の目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によるマスクの製造方法は、波長が1～50nmの範囲の極端紫外光（EUV光）を露光ビームとして用いる露光装置用の反射型のマスク（34）の製造方法であって、そのマスクに形成されるパターンを拡大した第1の原版パターン（36）を作成し、この第1の原版パターンを波長が100～400nmの紫外光を透過させる第1の基板上に描画して親マスク（P1、P2、…、PN）を製造する第1工程と、所定の第2の基板（4）上にその極端紫外光を反射する反射層（31）とその極端紫外光を吸収する吸収層（32）とを積層して形成する第2工程と、波長が

100～400nmの紫外光を露光ビームとして縮小投影を行う投影露光装置を用いて、その第1工程で製造されたその親マスク（P1、P2、…、PN）のパターンの縮小像をその第2工程で製造された第2の基板（4）上に投影露光して、その吸収層（32）の一部を除去する第3工程と、を有し、その吸収層の一部が除去されたその第2の基板（4）をその反射型のマスクとして使用するものである。

【0011】斯かる本発明によれば、その第1の原版パターンをその第1の基板上に描画する際には、例えば電子ビーム描画装置を使用し、その第1の原版パターンの縮小像をその第2の基板上に投影する際には、KrF（波長248nm）、又はArF（波長193nm）等のエキシマレーザ光やその外の紫外光を露光光とする投影露光装置、即ち光学式の投影露光装置を使用する。その第1の原版パターンは、最終的に製造されるマスクのパターンを α 倍に拡大したパターンであり、電子ビーム描画装置の描画誤差の影響は $1/\alpha$ に低減されるため、そのマスクのパターン（転写用のパターン）が高精度に形成される。しかも、そのマスクを複数枚製造する場合には、その光学式の投影露光装置でその第1の原版パターンの転写を行えばよいため、そのマスクの製造に要する時間は大幅に短縮される。

【0012】また、その反射型のマスクの反射層（31）は、例えば2種類の物質の薄膜を交互に所定組数以上積層させることによって形成され、その吸収層（32）は、例えば1種類の物質の薄膜より形成される。そこで、反射層（31）上の吸収層（32）の一部を除去することによって、反射型のマスクのパターンが高精度に形成される。また、その反射型のマスクの基板を例えば半導体ウエハ等の基板とすることによって、その光学式の投影露光装置は、通常の半導体露光装置をほぼそのまま使用できるため、製造コストを低減することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。図1は、本例のマスクとしてのレチクルの製造工程を示し、この図1において、本例で製造対象とするレチクルは、半導体デバイスを製造する際に使用される反射型のワーキングレチクル34である。このワーキングレチクル34は、シリコンウエハ等のウエハ（wafer）よりなる実質的に円形の薄い基板の一面に、反射膜と吸収層とを用いて原版パターン27を形成したものである。また、その原版パターン27を挟むように2つのアライメントマーク24A、24Bが形成されている。なお、その基板の材料としては、低膨張ガラス、石英、金属等も使用することができる。

【0014】更に、ワーキングレチクル34は、1～50nm程度の軟X線域の極端紫外光（EUV光）を露光

光とした投影露光装置の投影光学系を介して、 $1/\beta$ 倍 (β は1より大きい整数、又は半整数等であり、一例として4, 5, 又は6等)の縮小投影で使用される。即ち、図1において、ワーキングレチクル34の原版パターン27の $1/\beta$ 倍の縮小像27Wを、レジストが塗布されたウエハW上の各ショット領域48に露光した後、現像やエッチング等を行うことによって、その各ショット領域48に所定の回路パターン35が形成される。以下、本例のワーキングレチクル34の製造工程の一例につき説明する。

【0015】図1において、まず最終的に製造される半導体デバイスの或るレイヤの回路パターン35が設計される。回路パターン35は直交する辺の幅が dX , dY の矩形の領域内に種々のライン・アンド・スペースパターン等を形成したものである。本例では、その回路パターン35を β 倍に拡大して、直交する辺の幅が $\beta \cdot dX$, $\beta \cdot dY$ の矩形の領域よりなる原版パターン27をコンピュータの設計データ(画像データを含む)上で作成する。 β 倍は、ワーキングレチクル34が使用される投影露光装置の縮小倍率($1/\beta$)の逆数である。

【0016】次に、その原版パターン27を α 倍(α は1より大きい整数、又は半整数等であり、一例として4, 5, 又は6等)して、直交する辺の幅が $\alpha \cdot \beta \cdot dX$, $\alpha \cdot \beta \cdot dY$ の矩形の領域よりなる親パターン36を設計データ(画像データを含む)上で作成し、その親パターン36を縦横にそれぞれ α 個に分割して、 $\alpha \times \alpha$ 個の親パターン $P1, P2, P3, \dots, PN$ ($N = \alpha^2$)を設計データ上で作成する。図1では、 $\alpha = 4$ の場合が示されている。なお、この親パターン36の分割数 α は、必ずしも原版パターン27から親パターン36への倍率 α に合致させる必要は無い。その後、それらの親パターン Pi ($i = 1 \sim N$)よりそれぞれ電子ビーム描画装置(又はレーザビーム描画装置等も使用できる)用の描画データを生成し、その親パターン Pi をそれぞれ等倍で、親マスクとしてのマスターレチクル Ri 上に転写する。

【0017】例えば1枚目のマスターレチクル $R1$ を製造する際には、石英ガラス、フッ素を混入した石英ガラス、又は蛍石等の光透過性の基板(本発明の第1の基板に対応する)上にクロム(Cr)、又はケイ化モリブデン($MoSi$, 等)等のマスク材料の薄膜を形成し、この上に電子線レジストを塗布した後、電子ビーム描画装置を用いてその電子線レジスト上に1番目の親パターン $P1$ の等倍像を描画する。その後、電子線レジストの現像を行って、エッチング、及びレジスト剥離等を施すことによって、マスターレチクル $R1$ 上のパターン領域20に親パターン $P1$ が形成される。この際に、マスターレチクル $R1$ 上には、親パターン $P1$ に対して所定の位置関係で2つの2次元マークよりなるアライメントマーク21A, 21Bを形成しておく。同様に他のマス

ターレチクル Ri にも、電子ビーム描画装置等を用いてそれぞれ親パターン Pi 、及びアライメントマーク21A, 21Bが形成される。このアライメントマーク21A, 21Bは、後に画面継ぎを行う際の位置合わせ用に使用される。

【0018】このように本例では、電子ビーム描画装置(又はレーザビーム描画装置)で描画する各親パターン Pi は、原版パターン27を α 倍に拡大したパターンであるため、各描画データの量は、原版パターン27を直接描画する場合に比べて $1/\alpha^2$ 程度に減少している。更に、親パターン Pi の最小線幅は、原版パターン27の最小線幅に比べて α 倍(例えば5倍、又は4倍等)であるため、各親パターン Pi は、それぞれ従来の電子線レジストを用いて電子ビーム描画装置によって短時間に、かつ高精度に描画できる。また、各親パターン Pi は、後に $1/\alpha$ に縮小して投影されるため、電子ビーム描画装置の描画誤差も実質的に $1/\alpha$ に縮小される。また、一度 N 枚のマスターレチクル $R1 \sim RN$ を製造すれば、後述のようにそれらを繰り返し使用することによって、必要な枚数のワーキングレチクル34を製造できるため、マスターレチクル $R1 \sim RN$ を製造するための時間は、大きな負担ではない。

【0019】次に、上記の N 枚のマスターレチクル Ri の親パターン Pi の $1/\alpha$ 倍の縮小像 PIi ($i = 1 \sim N$)を、それぞれ画面継ぎを行いながら転写することによってワーキングレチクル34を製造する。そのために、まず図2(A)に示すように、ワーキングレチクル34用の基板として、直径が300mm程度で厚さが1mm程度のシリコンウエハの基板4(本発明の第2の基板に対応する)を用意し、基板4上に多層の反射膜31を積層させる。図2(A)のB部を拡大した図2(B)に示すように、反射膜31は、厚さ $d1$ のモリブデン(Mo)の薄膜31aと、厚さ $d1$ のシリコン(Si)の薄膜31bとをピッチ $d2$ ($=2 \cdot d1$)で、50組積層させたものである。厚さ $d1$ は一例として3.25nmであり、このときピッチ $d2$ は6.5nm、反射膜31の全体の厚さは約32.5nm($0.325\mu m$)となる。このようにモリブデンの薄膜31aと、シリコンの薄膜31bとを積層した反射膜31は、波長13nmの極端紫外光(EUV光)を反射するため、本例のワーキングレチクル34用のEUV光の波長は13nmである。なお、波長が11nmのEUV光を使用する場合には、その反射膜31を例えばモリブデンの薄膜とベリリウム(Be)の薄膜とを交互に積層して形成すればよい。

【0020】次に、図2(C)に示すように、基板4上の反射膜31上にEUV光を吸収するためのニッケル(Ni)よりなる吸収層32を厚さ1 μm 程度で形成する。この際に必要に応じてアライメントマークを形成してもよい。更に、その吸収層32上に波長248nmの

光に感光するフォトリソ層 33 を約 $1\ \mu\text{m}$ の厚さに塗布する。なお、吸収層 32 の材料としては、他の金属等を用いてもよい。その後、図 2 (D) に示すように、その基板 4 上のフォトリソ層 33 に対して、露光光 1 L を用いて画面縫ぎを行いながらマスターレチクルのパターン像の露光が行われる。

【0021】図 3 は、その基板 4 に対して露光を行う際に使用される光学式の縮小投影型露光装置を示し、この図 3 において露光時には、露光光源、照度分布均一化用のフライアイレンズ、照明系開口絞り、レチクルブラインド（可変視野絞り）、及びコンデンサレンズ系等からなる照明光学系 1 より、露光光 1 L がレチクルステージ 2 上のレチクルに照射される。本例のレチクルステージ 2 上には、 i 番目 ($i = 1 \sim N$) のマスターレチクル R_i が載置されている。なお、露光光として、本例では KrF エキシマレーザ光（波長 $248\ \text{nm}$ ）が使用されるが、それ以外に ArF エキシマレーザ光（波長 $193\ \text{nm}$ ）、 F_2 レーザ光（波長 $157\ \text{nm}$ ）、固体レーザの高調波、又は水銀ランプの i 線（波長 $365\ \text{nm}$ ）等のように波長が $100 \sim 400\ \text{nm}$ 程度の紫外光を使用できる。

【0022】マスターレチクル R_i の照明領域内のパターンの像は、投影光学系 3 を介して縮小倍率 $1/\alpha$ ($1/\alpha$ はこの例では $1/4$) で基板 4 の表面のフォトリソ層に投影される。投影光学系 3 の開口数は約 0.7 で、解像度は約 $200\ \text{nm}$ である。本例の投影光学系 3 は、両側テレセントリックの屈折系であるが、それ以外に凹面鏡等を含む反射屈折系等を使用してもよい。以下、投影光学系 3 の光軸 AX に平行に Z 軸を取り、 Z 軸に垂直な平面内で図 3 の紙面に平行に X 軸を、図 3 の紙面に垂直に Y 軸を取って説明する。

【0023】まず、レチクルステージ 2 は、この上のマスターレチクル R_i を XY 平面内で位置決めする。レチクルステージ 2 の位置は不図示のレーザ干渉計によって計測され、この計測値、及び主制御系 9 からの制御情報によってレチクルステージ 2 の動作が制御される。一方、基板 4 は、保持部材としての円板状の基板ホルダ 22 上に静電吸着によって保持され、この基板ホルダ 22 は試料台 5 上に固定され、試料台 5 は XY ステージ 6 上に固定されている。試料台 5 は、オートフォーカス方式で基板 4 のフォーカス位置（光軸 AX 方向の位置）、及び傾斜角を制御することによって、基板 4 の表面を投影光学系 3 の像面に合わせ込む。また、 XY ステージ 6 は、ベース 7 上で例えばリニアモータ方式で X 方向、 Y 方向に試料台 5（基板 4）を位置決めする。

【0024】本例では、基板 4 と基板ホルダ 22 とは、試料台 5 に対して一体的に例えば電磁吸着方式で着脱される。そして、基板 4 が後にワーキングレチクル 34 として EUV 光を用いる露光装置に装着される際にも、基板 4 と基板ホルダ 22 とは、その露光装置に対して一

的に着脱される。これによって、基板 4 の処理工程中で基板 4 と基板ホルダ 22 との間に異物が混入して、基板 4 の平面度が悪化することが防止される。更に、基板ホルダ 22 の表面は、一例として $100\ \text{mm}$ 角で $0.1 \sim 0.3\ \mu\text{m}$ 程度以下の平面度となるように仕上げられている。これによって、基板 4 は極めて高い平面度を維持した状態で、基板ホルダ 22 上に保持される。なお、基板ホルダ 22 の代わりに、試料台 5 に固定されている真空吸着方式の基板ホルダ 22 A を使用してもよい。

【0025】また、試料台 5 の上部に固定された移動鏡 8 m、及び対向して配置されたレーザ干渉計 8 によって試料台 5 の X 座標、 Y 座標、及び回転角が計測され、この計測値がステージ制御系 10、及び主制御系 9 に供給されている。移動鏡 8 m は、図 4 に示すように、 X 軸の移動鏡 $8\ \text{m}\ X$ 、及び Y 軸の移動鏡 $8\ \text{m}\ Y$ を代表している。ステージ制御系 10 は、その計測値、及び主制御系 9 からの制御情報に基づいて、 XY ステージ 6 のリニアモータ等の動作を制御する。

【0026】また、本例では、レチクルステージ 2 の側方に棚状のレチクルライブラリ 16 が配置され、レチクルライブラリ 16 内に Z 方向に順次配列された N 個の支持板 17 上にマスターレチクル R_1, R_2, \dots, R_N が載置されている。これらのマスターレチクル $R_1 \sim R_N$ は、それぞれ図 1 の親パターン 36 を分割した親パターン $P_1 \sim P_N$ が形成されたレチクル（親マスク）である。レチクルライブラリ 16 は、スライド装置 18 によって Z 方向に移動自在に支持されており、レチクルステージ 2 とレチクルライブラリ 16 との間に、回転自在で Z 方向に所定範囲で移動できるアームを備えたレチクルロード 19 が配置されている。主制御系 9 がスライド装置 18 を介してレチクルライブラリ 16 の Z 方向の位置を調整した後、レチクルロード 19 の動作を制御して、レチクルライブラリ 16 中の所望の支持板 17 とレチクルステージ 2 との間で、所望のマスターレチクル $R_1 \sim R_N$ を受け渡してできるように構成されている。

【0027】また、主制御系 9 には、磁気ディスク装置等の記憶装置 11 が接続され、記憶装置 11 に露光データファイルが格納されている。露光データファイルには、マスターレチクル $R_1 \sim R_N$ の相互の位置関係やアライメント情報のデータ等が記録されている。本例の基板 4 に対する露光時には、基板 4 上の 1 番目のショット領域への 1 番目のマスターレチクル R_1 の縮小像の露光が終了すると、 XY ステージ 6 のステップ移動によって基板 4 上の次のショット領域が投影光学系 3 の露光領域に移動する。これと並行して、レチクルステージ 2 上のマスターレチクル R_1 がレチクルロード 19 を介してレチクルライブラリ 16 に戻され、次の転写対象のマスターレチクル R_2 がレチクルライブラリ 16 からレチクルロード 19 を介してレチクルステージ 2 上に載置される。そして、アライメントが行われた後、そのマスター

レチクル R 2 の縮小像が投影光学系 3 を介して基板 4 上の当該ショット領域に投影露光され、以下ステップ・アンド・リピート方式で基板 4 上の残りのショット領域に、順次対応するマスターレチクル R 2 ~ R N の縮小像の露光が行われる。

【0028】なお、図 2 の投影露光装置は一括露光型であるが、その代わりにステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の縮小投影型露光装置（走査型露光装置）を使用してもよい。走査露光型では、露光時にマスターレチクルと基板 4 とが投影光学系 3 に対して縮小倍率比で同期走査される。光学式の走査型露光装置を用いることによって、投影光学系のディストーション等の影響が軽減できる。

【0029】さて、このようにマスターレチクル R 1 ~ R N の縮小像を基板 4 上に露光する際には、隣接する縮小像間の画面継ぎ（つなぎ合わせ）を高精度に行う必要がある。このためには、各マスターレチクル R i （i = 1 ~ N）と、基板 4 上の対応するショット領域（S i とする）とのアライメントを高精度に行う必要がある。このアライメントのために、本例の投影露光装置にはレチクル及び基板用のアライメント機構が備えられている。

【0030】図 4 は、図 3 の投影露光装置の要部を示す斜視図であり、この図 4 において、試料台 5 上で基板 4 の近傍に光透過性の基準マーク部材 1 2 が固定され、基準マーク部材 1 2 上に X 方向に所定間隔で例えば十字型の 1 対の基準マーク 1 3 A、1 3 B が形成されている。また、基準マーク 1 3 A、1 3 B の底部には、露光光 I L から分岐された照明光で投影光学系 3 側に基準マーク 1 3 A、1 3 B を照明する照明系が設置されている。マスターレチクル R i のアライメント時には、図 3 の X Y ステージ 6 を駆動することによって、基準マーク部材 1 2 上の基準マーク 1 3 A、1 3 B の中心がほぼ投影光学系 1 3 の光軸 A X に合致するように、基準マーク 1 3 A、1 3 B が位置決めされる。

【0031】また、マスターレチクル R i のパターン面（下面）のパターン領域 2 0 を X 方向に挟むように、一例として十字型の 2 つのアライメントマーク 2 1 A、2 1 B が形成されている。基準マーク 1 3 A、1 3 B の間隔は、アライメントマーク 2 1 A、2 1 B の投影光学系 3 による縮小像の間隔とほぼ等しく設定されており、基準マーク 1 3 A、1 3 B の中心をほぼ光軸 A X に合致させた状態で、基準マーク部材 1 2 の底面側から露光光 I L と同じ波長の照明光で照明することによって、基準マーク 1 3 A、1 3 B の投影光学系 3 による拡大像がそれぞれアライメントマーク 2 1 A、2 1 B の近傍に形成される。

【0032】これらのアライメントマーク 2 1 A、2 1 B の上方に投影光学系 3 側からの照明光を ± X 方向に反射するためのミラーが配置され、これらのミラーで反射された照明光を受光するように T T R （スルー・ザ・レ

チクル）方式で、撮像方式のアライメントセンサ 1 4 A、1 4 B が備えられている。アライメントセンサ 1 4 A、1 4 B によって、アライメントマーク 2 1 A、2 1 B、及び対応する基準マーク 1 3 A、1 3 B の像が撮像され、その撮像信号が図 3 のアライメント信号処理系 1 5 に供給される。

【0033】アライメント信号処理系 1 5 は、その撮像信号を画像処理して、基準マーク 1 3 A、1 3 B の像に対するアライメントマーク 2 1 A、2 1 B の X 方向、Y 方向への位置ずれ量を求め、これら 2 組の位置ずれ量を主制御系 9 に供給する。主制御系 3 7 は、その 2 組の位置ずれ量が互いに対称に、かつそれぞれ所定範囲内に収まるようにレチクルステージ 2 の位置決めを行う。これによって、基準マーク 1 3 A、1 3 B に対して、アライメントマーク 2 1 A、2 1 B、ひいてはマスターレチクル R i の親パターン P i （図 1 参照）が位置決めされる。

【0034】この状態で図 2 の主制御系 9 は、レーザ干渉計 8 によって計測される試料台 5 の X 方向、Y 方向の座標を記憶することで、マスターレチクル R i のアライメントが終了する。この後は、親パターン P i の露光中心に、試料台 5 （基板 4）上の任意の点を移動することができる。また、図 4 において、投影光学系 P L の側面に、基板 4 上のマークの位置検出を行うために、オフ・アクシス方式で、画像処理方式のアライメントセンサ（不図示）も備えられ、基板 4 上の X 方向の端部に例えば十字型の 2 つのアライメントマーク 2 4 A、2 4 B が形成されている。そして、例えば 1 枚目のマスターレチクル R 1 の露光を行う前に、そのアライメントセンサによってアライメントマーク 2 4 A、2 4 B の位置を検出し、この検出結果に基づいて基準マーク 1 3 A、1 3 B に対する基板 4 の位置関係を求めることで、マスターレチクル R i の露光中心を基板 4 上の所望の位置に合わせ込むことができる。なお、基板 4 に対しては一層の露光が行われるのみであるため、アライメントマーク 2 4 A、2 4 B を用いることなく、例えば基板 4 の外形基準で基板 4 の初期状態のアライメントを行い、その後はレーザ干渉計 8 の計測値に基づいて基板 4 の位置決めを行うのみでもよい。

【0035】このようにアライメントを行うことによって、図 4 に示すように、i 番目のマスターレチクル R i の親パターン P i の投影光学系 3 による縮小像 P I i が、基板 4 上の X 軸及び Y 軸に平行な辺で囲まれた矩形のパターン領域 2 5 内の i 番目のショット領域 S i に露光される。図 4 において、基板 4 のパターン領域 2 5 内で既に露光された親パターンの縮小像は実線で示され、未露光の縮小像は点線で示されている。このようにして、図 1 の N 個のマスターレチクル R 1 ~ R N の親パターン P 1 ~ P N の縮小像を、順次基板 4 上の対応するショット領域 S 1 ~ S N に露光することで、各親パターン

P1～PNの縮小像は、それぞれ隣接する親パターンの縮小像と画面縫ぎを行いながら露光されたことになる。これによって、基板4上に図1の親パターン36を $1/\alpha$ 倍で縮小した投影像が露光される。

【0036】その後、図2(E)に示すように、基板4上のフォトリソ層33を現像すると、そのフォトリソがポジ型である場合には、投影像の暗部がレジストパターン33aとして残される。次に、図2(F)に示すように、そのレジストパターン33aをマスクとして吸収層32のエッチングを行った後、図2(G)に示すように、残っているレジストパターン33aの剥離を行うことによって、基板4上の反射膜31上で親マスクの縮小像の暗部に対応する領域に吸収層32aが残されて、本例のワーキングレチクル34が完成する。

【0037】なお、上記のようにマスターレチクルRiの親パターンを基板4上につなぎ合わせて縮小転写する際には、各マスターレチクルRi上の所定のマーク（例えばアライメントマーク21A、21B）も縮小転写し、隣接するマスターレチクルの親パターンの縮小像を転写する際にそのマークの潜像の位置を検出し、この検出結果よりその隣接するマスターレチクルの親パターンの縮小像の転写位置の補正を行うようにしてもよい。

【0038】また、図1の原版パターン27に例えば密集パターンと孤立パターンとが形成されている場合、マスターレチクルR1～RN中の1枚のマスターレチクルRaには密集パターンのみが形成され、別の1枚のマスターレチクルRbには孤立パターンのみが形成されることがある。このとき、密集パターンと孤立パターンとでは最良の照明条件や結像条件等の露光条件が異なるため、マスターレチクルRiの露光毎に、その親パターンPiに応じて、露光条件、即ち照明光学系1内の開口絞りの形状や大きさ、コヒーレンスファクタ（ σ 値）、及び投影光学系3の開口数等を最適化するようにしてもよい。また、その露光条件を最適化するために、投影光学系3の瞳面付近に所定の光学フィルタ（いわゆる瞳フィルタ）を挿脱したり、又は特に孤立パターンの露光を行う際には、投影光学系3の像面と基板4の表面とを所定範囲内でZ方向に相対的に振動させるいわゆる累進焦点法（フレックス法）を併用したりしてもよい。

【0039】なお、上記の実施の形態において、図1のマスターレチクルP1～PNの枚数は16枚に固定されたものではなく、製造しようとする反射型のワーキングレチクル34に形成される原版パターンの大きさ等によって増減するものである。また、その原版パターンがDRAMのように規則的なパターンであれば、そのマスターレチクルP1～PNの内の所定の複数のレチクルを、1枚のレチクルで兼用することができる。この場合には、電子ビーム描画装置で描画するマスターレチクルの枚数が減るため、マスターレチクルの作製に要する時間が短縮できる。

【0040】また、上記の実施の形態では、ワーキングレチクル34の基板4としてシリコンウエハを用いているが、これによって、図3に示す半導体製造用の投影露光装置をほぼそのまま使用して、マスターレチクルのパターン像の露光を行うことができる。更に、エッチング等のプロセス処理装置としても、従来のシリコンウエハ用の処理装置（薄膜形成装置、レジストコート、レジスト現像装置、エッチング装置等）がそのまま使用できるため、新たに製造設備を用意する必要がなく、反射型のワーキングレチクル34の製造コストを低くすることができる。更に、図1のN枚のマスターレチクルP1～PNを一度作製すれば、後は光学式の投影露光装置を用いた露光を繰り返すのみでワーキングレチクル34と同一のレチクルを必要な枚数だけ短時間に、かつ同一の精度で製造できるため、全体として製造に要する時間を短縮できると共に、全体の製造コストを低減することができる。

【0041】次に、上記のように製造された図1の反射型のワーキングレチクル34を用いて露光を行う場合の動作の一例につき説明する。図5は、そのワーキングレチクル34を装着してEUV光を露光ビームとして露光を行う、縮小投影型でステップ・アンド・スキャン方式（走査露光型）の露光装置（以下「EUVL用露光装置」という）を示し、この図5において、水平面内で図5の紙面に垂直にX軸を、図5の紙面に平行にY軸を取り、鉛直方向にZ軸を取って説明する。このとき、レチクルベース42上にY方向に移動自在にレチクルステージ41が設置され、レチクルステージ41の底面に基板ホルダ22が電磁吸着等によって保持され、基板ホルダ22の上面（鉛直下方）にワーキングレチクル34が静電吸着によって保持されている。ワーキングレチクル34と基板ホルダ22とは、図3の投影露光装置から一体的に搬送されたものである。

【0042】そして、例えばSOR（Synchrotron Orbital Radiation）リング、又はレーザ・プラズマ光源等のX線源43から射出された露光ビームとしての波長13nmの軟X線IL1は、投影光学系46内のミラー51で反射されて、ワーキングレチクル34のパターン領域の円弧状の照明領域を法線方向に対して斜めに照明する。そして、ワーキングレチクル34で反射された軟X線IL1は、投影光学系46内で第1の凹面鏡52、凸面鏡53、平面鏡54、及び第2の凹面鏡55を経て、露光対象のウエハ（wafer）W上に、その照明領域のパターンを $1/\beta$ （この例では $1/\beta$ は $1/4$ ）に縮小した像を形成する。凹面鏡52等の中で軟X線IL1が通過する部分には開口が形成されている。軟X線のような波長が例えば1～50nm程度のEUV光に対しては適当な透過性の硝材が無い場合、本例の投影光学系46は反射系より構成されており、レチクルとしても反射型のワーキングレチクル34が使用されている。

【0043】また、投影光学系46の開口数は0.08以上であり、例えば0.1~0.2程度に設定されている。軟X線LL1の波長が13nmであるため、投影光学系46によって100~50nm程度の解像度を得ることができる。また、例えば100~50nmの解像度（最小線幅）を得たい場合には、ワーキングレチクル34のパターンの最小線幅は400~200nmとなるが、この線幅であれば図3の光学式の投影露光装置で十分に達成できる。

【0044】また、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージ49上に保持され、ウエハステージ49は、定盤50上でY方向にウエハWを連続移動すると共に、X方向及びY方向にウエハWのステップ移動を行う。更に、ウエハステージ49は、オートフォーカス方式でウエハWの表面を投影光学系46の像面に合わせ込むように、ウエハWのフォーカス位置や傾斜角の制御も行う。レチクルステージ41及びウエハステージ49の位置はそれぞれレチクルステージ駆動系44及びウエハステージ駆動系47内のレーザ干渉計によって計測され、これらの計測値に基づいて主制御系45がレチクルステージ駆動系44及びウエハステージ駆動系47を介してレチクルステージ41、及びウエハステージ49を同期駆動する。

【0045】即ち、露光時には、ウエハW上の一つのショット領域を助走開始位置にステップ移動した後、レチクルステージ41を介してワーキングレチクル34を軟X線LL1の照明領域に対して+Y方向（又は-Y方向）に速度VRで走査すると同期して、ウエハステージ49を介してウエハWを-Y方向（又は+Y方向）に速度VR/βで走査することによって、当該ショット領域にワーキングレチクル34の縮小像が露光される。

【0046】この際に、本例の投影光学系46の光軸AX1は鉛直方向（Z方向）に平行であり、かつ投影光学系46はウエハW側にはテレセントリックであるが、レチクル側ではテレセントリック性が崩れている。そのため、ワーキングレチクル34の表面に凹凸が生じているか、又はその表面がZ方向に垂れ下がるがあると、ウエハW上の縮小像に歪等が生じる恐れがある。しかしながら、本例では、ワーキングレチクル34は、基板ホルダ22と一体的に搬送されており、異物等がワーキングレチクル34の裏面に挟まれる恐れが無いと共に、ワーキングレチクル34はほぼ全面で吸着されているため、ワーキングレチクル34のパターン面は極めて高い平面度（100mm角で0.1~0.3μm程度以下）を維持している。従って、ウエハW上に常に高精度にワーキングレチクル34のパターンの縮小像が転写され

る。

【0047】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0048】

【発明の効果】本発明のマスクの製造方法によれば、第1の原版パターンの描画誤差は第2の基板上では縮小されると共に、親マスクのパターンを光学式の投影露光装置で第2の基板上に転写するのみで同一のマスクを何枚でも製造できるため、そのマスクを高精度に、かつ短時間に形成できる利点がある。

【0049】また、そのマスクは、極端紫外光を反射する反射層を有しているため、極端紫外光を露光ビームとして使用する露光装置において、そのマスクを反射型のマスクとして使用することができる。また、その基板が半導体ウエハのような円形の基板である場合には、例えば半導体製造用の光学式の投影露光装置をそのまま使用できるため、その反射型のマスクの製造コストを低減できる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例において、マスターレチクルの縮小像を露光してワーキングレチクルを製造するための全体の製造工程を示す図である。

【図2】 そのワーキングレチクル用の基板にフォトリジストを塗布して原版パターンを形成するための各製造工程を示す一部を切り欠いた拡大図である。

【図3】 その実施の形態の一例でマスターレチクルの縮小投影を行う際に使用される光学式の投影露光装置を示す構成図である。

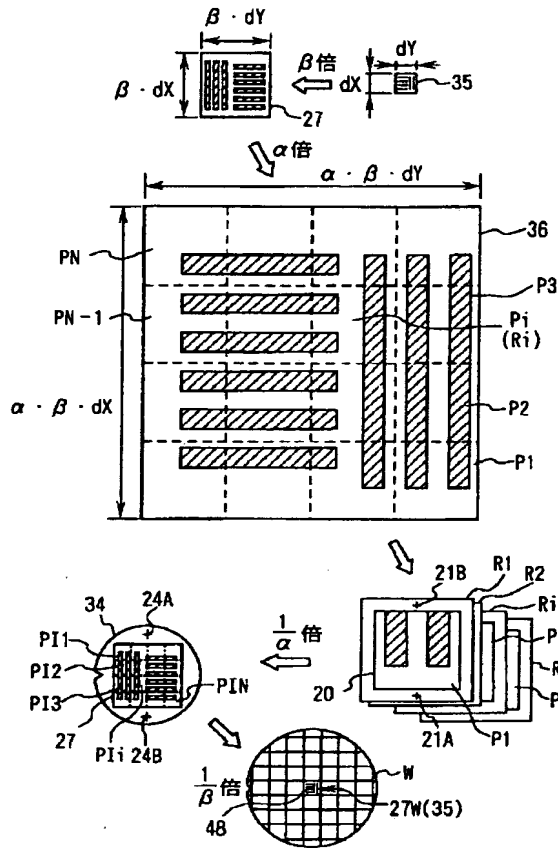
【図4】 図3の投影露光装置において、マスターレチクル上の親パターンの縮小像を基板4上に投影する状態を示す要部の斜視図である。

【図5】 その実施の形態で製造されたワーキングレチクルを装着して、露光ビームとしてEUV光を用いて露光を行う露光装置の一例を示す一部を断面で表した構成図である。

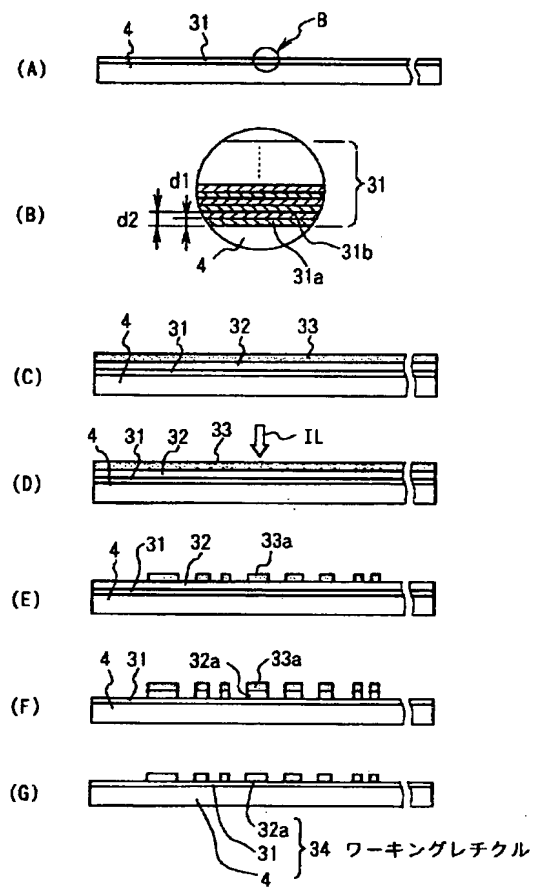
【符号の説明】

R1~RN…マスターレチクル（親マスク）、P1~PN…分割された親パターン、3…投影光学系、4…ワーキングレチクル用の基板、5…試料台、6…XYステージ、16…レチクルライブラリ、18…スライド装置、19…レチクルローダ、22…基板ホルダ、27…原版パターン、31…反射膜、32…吸収層、33…フォトリジスト層、34…ワーキングレチクル、43…X線源、46…投影光学系

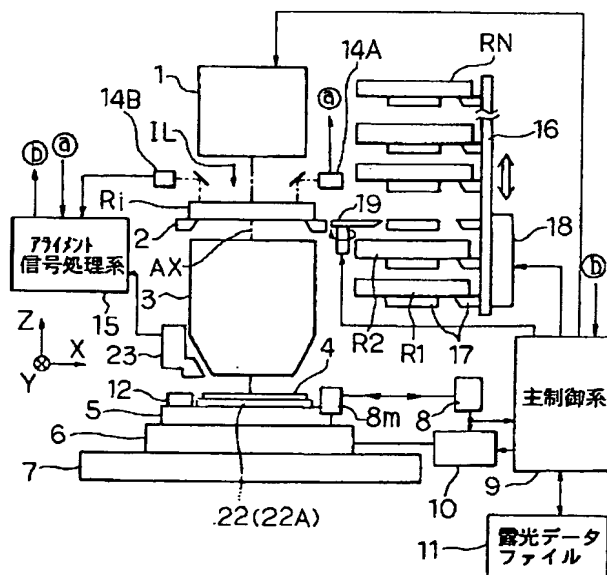
【図 1】



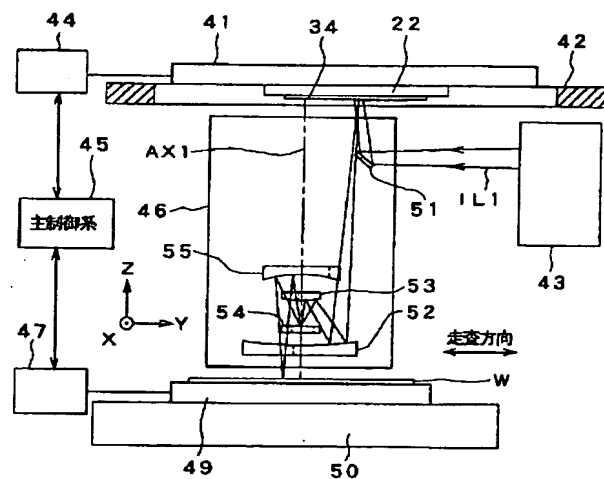
【図 2】



【図 3】



【図 5】



【図 4】

